

**EVALUASI KEAMANAN BENDUNGAN LOGUNG TERHADAP
OVERTOPPING DENGAN ANALISIS ROUTING BANJIR**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata 1 pada
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik**

Oleh:

CHICHI GHEA MAYRINA

D 100 150 008

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2019

HALAMAN PERSETUJUAN

**EVALUASI KEAMANAN BENDUNGAN LOGUNG TERHADAP
OVERTOPPING DENGAN ANALISIS ROUTING BANJIR**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh :

CHICHI GHEA MAYRINA

D100 150 008

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen
Pembimbing



Gurawan Djati W, S.T, M.Eng

NIK. 782

HALAMAN PENGESAHAN

**EVALUASI KEAMANAN BENDUNGAN LOGUNG TERHADAP
OVERTOPPING DENGAN ANALISIS ROUTING BANJIR**

OLEH

CHICHI GHEA MAYRINA

D100 150 008



**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari 21 September 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji :

- 1. Gurawan Djati W, S.T., M.Eng.**
(Ketua Dewan Penguji)
- 2. Ir. H. A. Karim Fatchan, M.T.**
(Anggota I Dewan Penguji)
- 3. Ir. H. Hermono SB, M.Eng, IPM**
(Anggota II Dewan Penguji)

()
()
()

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D, IPM
NIK : 682

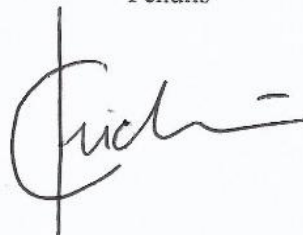
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, September 2019

Penulis



CHICHI GHEA MAYRINA
D100 150 008

EVALUASI KEAMANAN BENDUNGAN LOGUNG TERHADAP OVERTOPPING DENGAN ANALISIS ROUTING BANJIR

Abstrak

Bendungan Logung adalah salah satu reservoir yang terletak di provinsi Jawa Tengah yang mempunyai fungsi melayani kebutuhan air irigasi, menyediakan pasokan air baku, mencegah terjadinya banjir, sebagai pembangkit listrik dan menjadi salah satu tujuan wisata di Kabupaten Kudus. Mengingat pentingnya fungsi dari Bendungan Logung maka Bendungan Logung harus didesain dengan aman. Penelitian ini berusaha menganalisis keamanan Bendungan Logung dari banjir kala ulang 1000 tahun dan banjir PMF. Dalam penelitian keamanan Bendungan Logung terhadap banjir, terlebih dahulu dilakukan analisa data hujan kemudian dilakukan penelusuran banjir menggunakan dua metode yaitu metode *Newton Rapshon* dan Runge Kutta Orde III. Dari hasil hitungan didapatkan bahwa Bendungan Logung aman terhadap banjir rancangan dengan presentase redaman banjir berdasarkan metode *Newton Rapshon* untuk banjir kala ulang 1000 tahun sebesar 86,62% dan banjir PMF 85,07%. Redaman berdasarkan metode Runge Kutta Orde III untuk banjir kala ulang 1000 tahun berdasarkan metode Runge Kutta Orde III didapatkan sebesar 69,12% dan banjir PMF 66,52%.

Kata Kunci : Bendungan Logung, Keamanan Bendungan, Presentase Redaman Banjir

Abstract

Logung Dam is a reservoir located in Central Java province that has the function of serving the needs of irrigation water, providing raw water supply, preventing flooding, as a power plant and becoming one of the tourist destinations in Kudus Regency. Considering the important function of the Logung dam, Logung dam must be designed safely. This study seeks to analyze the safety of the Logung reservoir from flooding in 1000 years and PMF floods. In the study of the safety of the Logung dam against floods, rain data analysis is first performed and then flood tracking is carried out using two methods namely Newton Rapshon and Runge Kutta Orde III methods. From the calculation results, it is found that the Logung dam is safe from flood design with a percentage of flood attenuation based on the Newton Rapshon method for 1000 years return floods of 86.62% and flood of PMF 85.07%. The attenuation based on the Runge Kutta Order III method for floods during the 1000 years return period based on the Runge Kutta Order III method was 69.12% and the PMF flood was 66.52%.

Keywords : Logung Dam, Dam Security, Percentace of Flooding

1. PENDAHULUAN

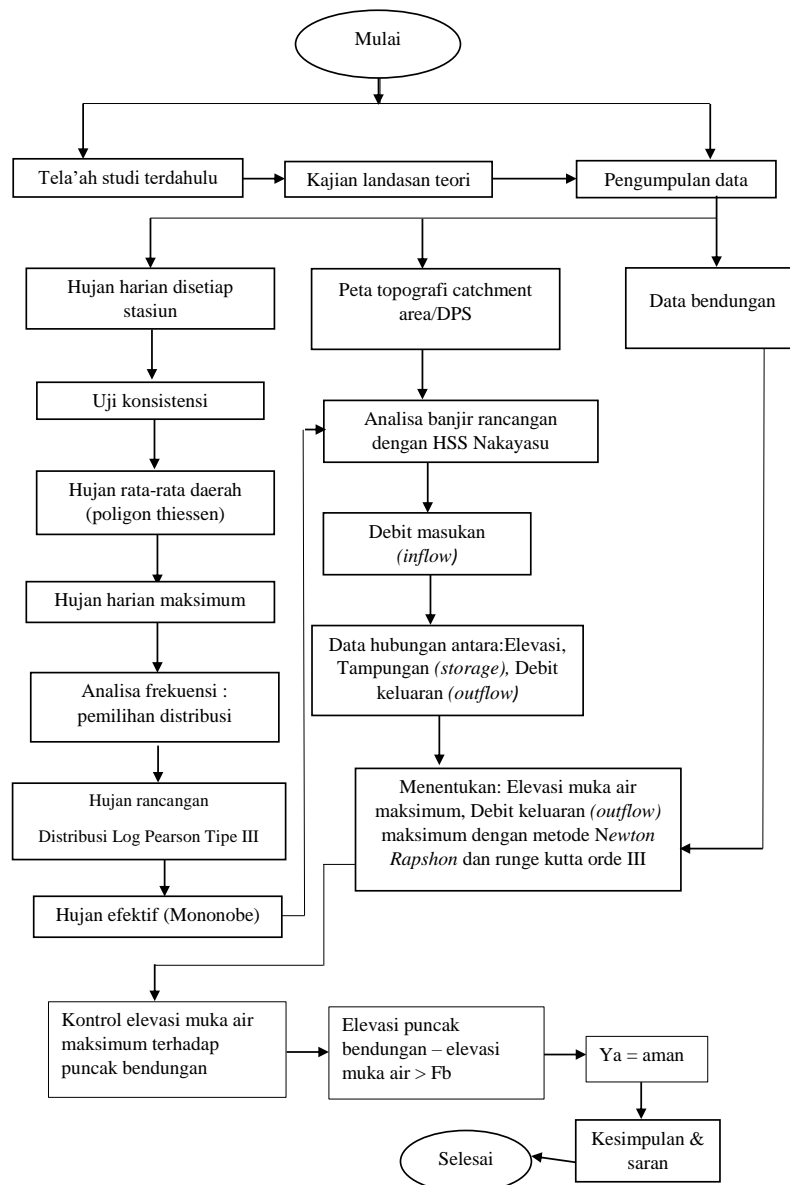
Infrastruktur merupakan fasilitas fisik yang sengaja diadakan atau dibangun untuk memenuhi kebutuhan dasar masyarakat umum. Dengan adanya infrastruktur diharapkan dapat meningkatkan kehidupan ekonomi dan sosial masyarakat. Infrastruktur terdiri dari berbagai macam fasilitas-fasilitas fisik yang sering kita temui sehari-hari. Diantaranya yaitu berupa jalan, bendungan, bandara, pelabuhan, terminal, stasiun, rumah sakit, sekolah, kantor, dan masih banyak lagi.

Bendungan adalah suatu konstruksi yang dibangun untuk mengumpulkan air dalam suatu tampungan sehingga dapat digunakan untuk berbagai macam fungsi. Oleh karena itu dibangunlah bendungan oleh pemerintah salah satunya yaitu Bendungan Logung. Fungsi dari bendungan yaitu antara lain sebagai pembangkit listrik, sebagai tempat kontrol mestabilkan aliran air/irigasi, untuk mencegah terjadinya banjir, dan juga digunakan sebagai tempat rekreasi dan hiburan

Bendungan Logung adalah bendungan yang terletak di provinsi Jawa Tengah, di Kabupaten Kudus. Bendungan ini direncanakan akan memiliki kapasitas untuk menampung air sebesar 20,15 juta m³, serta diharapkan dapat mengairi daerah irigasi seluas 2821 Ha, meredam puncak banjir sebesar 105 m³/detik, menyediakan pasokan air baku sebesar 0,20 m³/detik dan menghasilkan listrik sebesar 0,50 MW. Melihat dari pentingnya fungsi Bendungan Logung tersebut, maka sangat perlu diadakan kajian ulang untuk evaluasi keamanan Bendungan Logung dari banjir yang direncanakan (Q kala ulang).

Dari kajian ini diharapkan dapat sebagai kontrol terhadap keamanan Bendungan Logung jika banjir datang pada saat bendungan dalam kondisi penuh air. Disamping itu kajian ini juga untuk mengetahui keamanan Bendungan Logung dalam meredam banjir.

2. METODE



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Konsistensi

Metode yang digunakan adalah metode *RAPS (Rescaled adjusted Partial Sums)*. Uji konsistensi dilakukan pada stasiun Tanjungrejo, stasiun Rahtawu, dan stasiun Gembong.

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1. Uji Konsistensi

No	Stasiun	Sk**max	Sk**min	Q	R	Hitungan		Syarat		Keterangan
						Q/\sqrt{N}	R/\sqrt{N}	Q/\sqrt{N}	R/\sqrt{N}	
1	Tanjungrejo	0,433	-4,152	2,582	4,585	1,072	1,184	1,18	1,355	Konsisten
2	Rahtawu	2,582	0,000	2,582	2,582	0,817	0,817	1,14	1,28	Konsisten
3	Gembong	0,586	-3,908	3,908	4,494	1,084	1,246	1,164	1,43	Konsisten

Konsisten jika :

$Q \text{ hitungan} < Q \text{ tabel}$

$R \text{ hitungan} < R \text{ tabel}$

3.2 Analisa Frekuensi

Pada perhitungan ini menggunakan data hujan harian maksimum selama 15 tahun pada stasiun Tanjungsrejo, stasiun Rahtawu, dan stasiun Gembong. Hasil parameter statistik disajikan pada Tabel 2 dan dapat disimpulkan bahwa distribusi Log Pearson tipe III yang sesuai.

Tabel 2 Parameter Statistik Data

No	Parameter Statistik	Nilai
1	Simpangan Baku (S)	21,844
2	Koefisien Kemencengen (Cs)	1,1889
3	Koefisien Variasi (Cv)	0,213
4	Koefisien Kurtosis (Ck)	0,2475

3.3 Uji Keselarasan

Pemilihan distribusi dilakukan dengan uji keselarasan chi kuadrat dan Smirnov Kolmogorov. Hasil perhitungan disajikan pada tabel 3. Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa Distribusi Log Pearson Tipe III dapat diterima.

Tabel 3 Hasil Uji keselarasan Distribusi

No	Parameter Uji	Nilai	Batas Kritis	Hasil
1	Chi Kuadrat	0,4	7,815	Diterima
2	Smirnov Kolmogorov	0,0276	0,294	Diterima

3.4 Hujan Kala Ulang

Dari perhitungan analisis frekuensi didapat bahwa Distribusi Log Pearson Tipe III adalah distribusi yang sesuai dengan data hujan yang ada, maka untuk perhitungan hujan kala ulang menggunakan rumus Log Pearson Tipe III. Hasil perhitungan dapat dilihat pada

Tabel 4. Tabel 4 Hujan Kala Ulang

T	Log X	K	S	Log R.Ti = Log X + K*S	R.Ti = $10^{\text{Log R.Ti}}$
2	2,00258	-0,1193	0,08646	1,9923	98,2340
5	2,00258	0,7879	0,08646	2,0707	117,6790
10	2,00258	1,3336	0,08646	2,1179	131,1829
25	2,00258	1,9734	0,08646	2,1732	149,0018
50	2,00258	2,4165	0,08646	2,2115	162,7424
100	2,00258	2,8379	0,08646	2,2479	176,9818
200	2,00258	3,2414	0,08646	2,2828	191,7866
1000	2,00258	4,1350	0,08646	2,3601	229,1260

3.5 Analisis Intensitas Curah Hujan

Analisis ini menggunakan rumus Mononobe dengan maksimum kejadian hujan selama 5 jam. Pada perhitungan ini akan digunakan curah hujan dengan kala ulang 1000 tahun.

Tabel 4. Distribusi hujan satuan periode 1000 tahun

Jam	i	Ri	ABM	Hujan efektif
1	133,994	133,994	19,449	0
2	84,411	34,828	34,828	13,527
3	64,417	24,431	133,994	112,693
4	53,175	19,449	24,431	3,130
5	45,825	16,424	16,424	0
			229,126	

3.6 Analisis Banjir Rancangan

Dalam penelitian, perhitungan banjir rancangan menggunakan hidrograf satuan sintetik Nakayasu dan hasilnya berupa grafik hidrograf yang dapat digunakan sebagai debit masukan (*inflow*) pada analisa penelusuran banjir, dengan rumus sebagai berikut.

$$Q_p = \frac{A}{3,6.(0,3T_p + T_{0,3})}$$

Dengan :

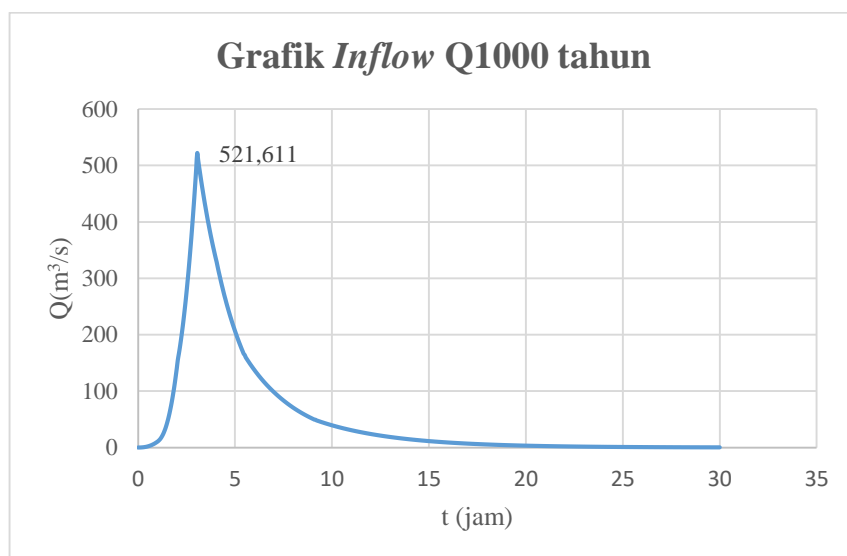
Q_p = debit puncak banjir (m^3/dt)

A = luas daerah pengaliran sungai (km^2)

T_p = lenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak (jam)

$T_{0,3}$ = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit sampai menjadi 30%

Analisis debit banjir dilakukan dengan luas DPS sebesar 46,4431 km^2 dan panjang sungai logung 15,1941 km. Diperoleh hasil perhitungan *inflow* banjir kala ulang 1000 tahun dan banjir PMF.



Gambar 1. Grafik debit masukan kala ulang 1000 tahun

3.7 Penelusuran Routing Banjir Pada Waduk

Berikut adalah contoh analisa keamanan bendungan terhadap limpasan kala ulang 1000 tahun :

Bendungan dianggap aman jika $h_{\text{banjir}} < \text{tinggi puncak bendungan}$ (tidak terjadi limpasan)

89,830 < 94 AMAN

Pada jam ke 3,05 terjadi puncak banjir

Presentase kemampuan bendungan dalam menangani banjir adalah sebagai berikut:

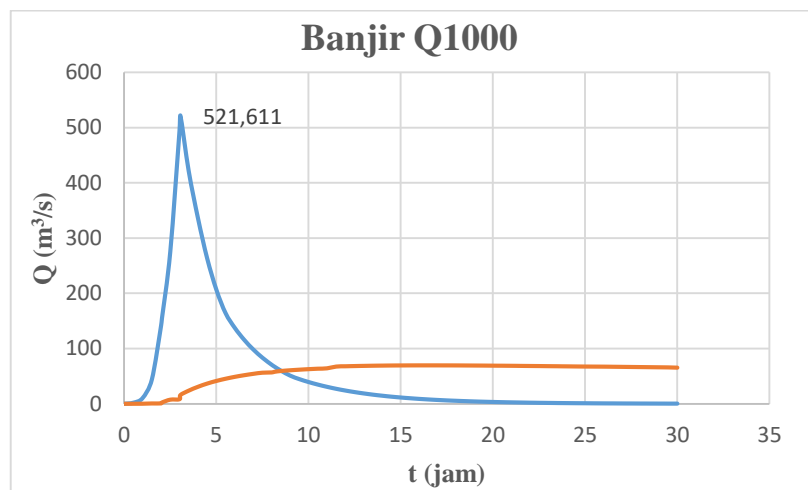
$$P = \frac{Q_{maks\ inflow} - Q_{maks\ outflow}}{Q_{max\ inflow}}$$

$$P = \frac{521,611 - 69,778}{521,611}$$

$$P = 86,62 \%$$

Elevasi puncak bendungan – elevasi puncak banjir = Freeboard

$$94 - 89,830 = 4,170$$



Gambar 2. Grafik banjir kala ulang 1000 tahun metode *Newton Rapshon*

Berikut adalah contoh analisa keamanan bendungan terhadap banjir PMF :

Presentase kemampuan bendungan dalam menangani banjir adalah sebagai berikut:

Banjir PMF diasumsikan 1,4 x Banjir kala ulang 1000 tahun

90,290 < 94 AMAN

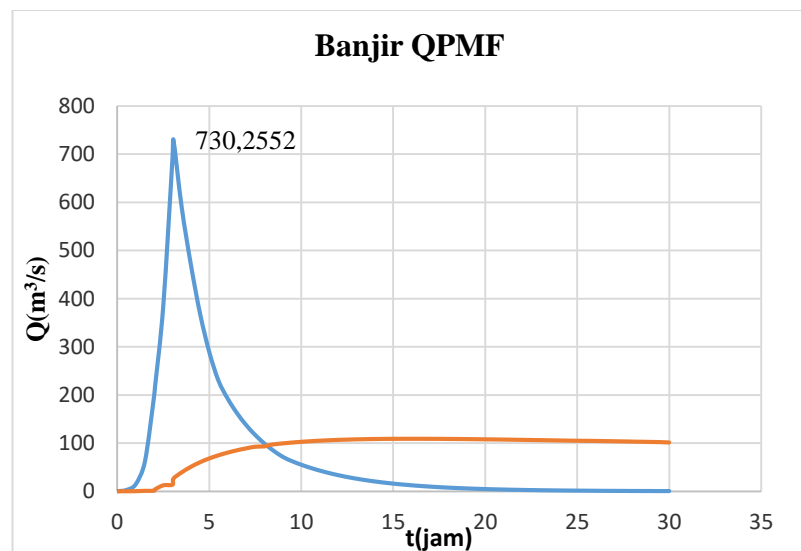
$$P = \frac{Q_{maks\ inflow} - Q_{maks\ outflow}}{Q_{max\ inflow}}$$

$$P = \frac{730,255 - 109,002}{730,255}$$

$$P = 85,07 \%$$

Elevasi puncak bendungan – elevasi puncak banjir = Freeboard

$$94 - 90,291 = 3,7096$$



Gambar 3. Grafik banjir PMF metode *Newton Rapshon*

b. Metode Runge Kutta Orde III

Elevasi puncak bangunan pelimpah Bendungan Logung adalah 88,5 meter

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2,92860h^3 - 24,33501h^2 - 9.089,23454h + 201.270,80165 \\ &= 2,92860.88,5^3 - 24,3350188,5^2 - 9.089,23454.88,5 + 201.270,80165 \\ &= 1236246,833 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Berikut adalah contoh perhitungan banjir kala ulang 1000 tahun menggunakan metode Runge Kutta orde III :

$$H_2 = H_1 + \frac{1}{6} (\Delta H_1 + 4\Delta H_2 + \Delta H_3)$$

$$\begin{aligned} H_2 &= 90,8226 + \frac{1}{6} (-0,03110604 + 4 \cdot -0,0297024 + -0,02842775) \\ &= 90,79296937 \end{aligned}$$

$$Q(H_j) = C_d \cdot B \cdot (H_j - 88,5)^{3/2}$$

$$Q_{outflow} = 1,4 \times 32,5 \times (90,8226 - 88,5)^{3/2}$$

$$= 161,0642 \text{ m}^3/\text{s}$$

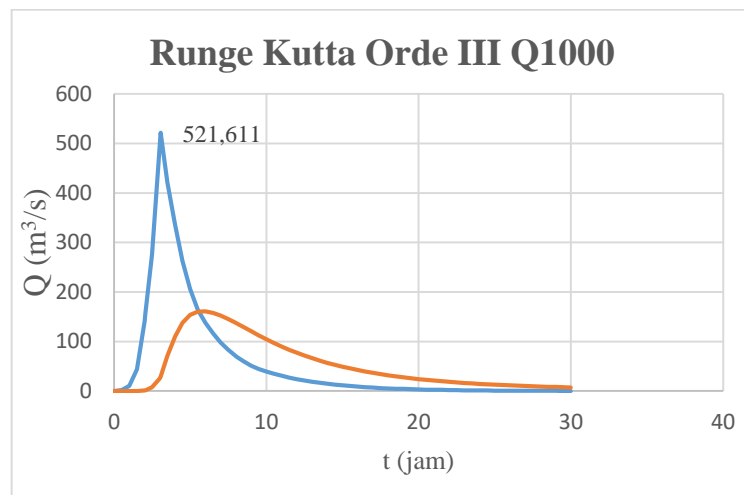
$$P = \frac{Q_{maks inflow} - Q_{maks outflow}}{Q_{max inflow}}$$

$$P = \frac{521,611 - 161,064}{521,611}$$

$$P = 69,12 \%$$

Elevasi puncak bendungan – elevasi muka air banjir maksimum = Freeboard

$$94 - 90,822 = 3,178$$



Gambar 4. Grafik banjir kala ulang 1000 tahun metode Runge Kutta Orde III

Berikut adalah contoh perhitungan banjir PMF menggunakan metode Runge Kutta orde III :

$$H_2 = H_1 + \frac{1}{6} (\Delta H_1 + 4\Delta H_2 + \Delta H_3)$$

$$H_2 = 91,5676 + \frac{1}{6} (-0,018927085 + 4 \cdot -0,017971463 + -0,017113376)$$

$$= 91,54966$$

$$Q(H_j) = C_d \cdot B \cdot (H_j - 88,5)^{3/2}$$

$$Q_{outflow} = 1,4 \times 32,5 \times (91,5496 - 88,5)^{3/2}$$

$$= 244,4664 \text{ m}^3/\text{s}$$

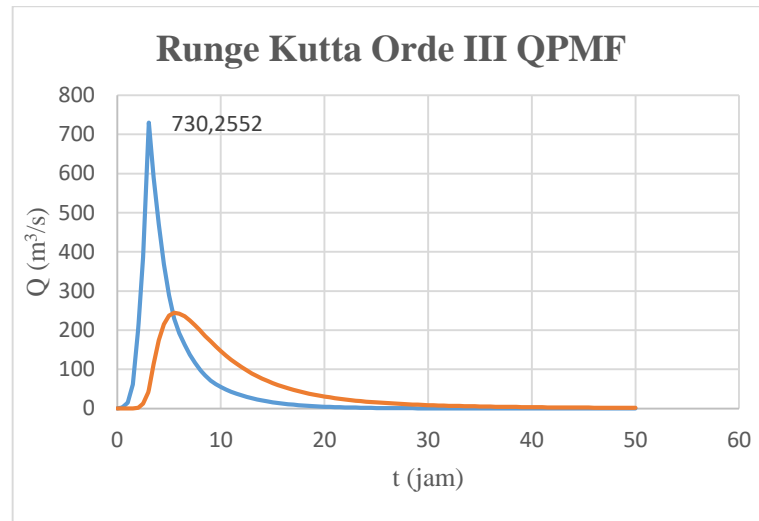
$$P = \frac{Q_{maks inflow} - Q_{maks outflow}}{Q_{max inflow}}$$

$$P = \frac{730,255 - 244,466}{730,255}$$

$$P = 66,52 \%$$

Elevasi puncak bendungan – elevasi muka air banjir maksimum = Freeboard

$$94 - 91,5676 = 2,4324$$



Gambar 5. Grafik banjir PMF metode Runge Kutta Orde III

Terjadi perbedaan hasil *outflow* dengan menggunakan metode *Newton Rapshon* dan metode Runge Kutta Orde III. Perbedaan antara metode *Newton Rapshon* dengan Runge Kutta Orde III adalah karena metode *Newton Rapshon* menggunakan persamaan water balance di waduk ($S_2 = S_1 + I - O$), dengan volume tampungan waduk yang merupakan fungsi dari elevasi ($S = f(h)$) sedangkan metode Runge Kutta Orde III menggunakan persamaan differensial $\frac{dH}{dt} = \frac{(I(t) - O(t))}{At}$ dengan penyelesaian Runge Kutta Orde III. Perbedaan persamaan inilah yang menjadikan *Outflow* metode *Newton Raphson* tidak sama dengan Runge Kutta Orde III.

Berdasarkan tinggi bendungan menurut JANCOLD yang direncanakan , maka standar untuk tinggi jagaan pada bendungan urugan adalah sebagai berikut :

- Tinggi bendungan kurang dari 50 m. Syarat *Freeboard* > 2,0 m
- Tinggi bendungan antara 50 – 100 m. Syarat *Freeboard* > 3,0 m
- Tinggi bendungan lebih dari 100 m. Syarat *Freeboard* > 3,5 m

Berdasarkan data bendung diketahui tinggi bendungan yaitu 94 m. Sehingga digunakan syarat *Freeboard* $> 3,0$ m

Tinggi jagaan teoritis berdasarkan metode *Newton Rapshon* Q1000 tahun

= elevasi puncak bendungan – elevasi muka air banjir maksimum

$$= 94 - 89,830$$

$$= 4,170 \text{ m} > 3,0 \text{ (Aman)}$$

Tinggi jagaan teoritis berdasarkan metode *Newton Rapshon* QPMF

= elevasi puncak bendungan – elevasi muka air banjir maksimum

$$= 94 - 90,291$$

$$= 3,7096 \text{ m} > 3,0 \text{ (Aman)}$$

Tinggi jagaan teoritis berdasarkan metode Runge Kutta Orde III Q1000

= elevasi puncak bendungan – elevasi muka air banjir maksimum

$$= 94 - 90,822$$

$$= 3,178 \text{ m} > 3,0 \text{ (Aman)}$$

Tinggi jagaan teoritis berdasarkan metode Runge Kutta Orde III QPMF

= elevasi puncak bendungan – elevasi muka air banjir maksimum

$$= 94 - 91,5676$$

$$= 2,4324 < 3,0 \text{ (Kurang aman , tetapi tidak terjadi } \textit{overtopping})$$

Kondisi Bendungan Logung aman terhadap bahaya limpasan yang disebabkan datangnya debit banjir maksimum periode ulang 1000 tahun dan debit banjir PMF. Berdasarkan perhitungan didapatkan tinggi jagaan bendungan lebih besar dari tinggi praktis yang dipersyaratkan, berdasarkan metode *Newton Rapshon* untuk banjir kala ulang 1000 tahun yaitu (4,170 m $> 3,0$) dan banjir PMF (3,7096 m $> 3,0$). Berdasarkan metode Runge Kutta Orde III untuk banjir kala ulang 1000 tahun yaitu (3,178 m $> 3,0$) dan banjir PMF (2,4324 $< 3,0$). Sehingga disimpulkan bahwa Bendungan Logung aman terhadap bahaya *overtopping*.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisa hitungan didapatkan bahwa, elevasi puncak banjir < elevasi puncak bendungan sehingga aman. Bahkan memiliki Freeboard dengan kala ulang banjir 1000 tahun dengan mengabaikan tinggi gelombang air arena angin dan run up gelombang didapatkan Freeboard sebesar 4,170 m > 3,0, sehingga gelombang aman terhadap *overtopping*. Demikian juga untuk banjir PMF didapatkan Freeboard sebesar 3,7096 m > 3,0, sehingga gelombang aman terhadap *overtopping*.
2. Redaman banjir yang didapatkan berdasarkan metode *Newton Rapshon* Q1000 tahun sebesar 86,62% dan QPMF 85,07%. Redaman banjir yang didapatkan berdasarkan metode Runge Kutta Orde III Q1000 tahun sebesar 69,12% dan QPMF 66,52 %.
3. *Inflow* maksimum dihitung menggunakan HSS Nakayasu banjir kala ulang 1000 tahun diperoleh 521,611 m³/s dan banjir PMF diperoleh 730,255 m³/s. Debit keluaran (*Outflow*) maksimum yang melewati pelimpah berdasarkan metode *Newton Rapshon* untuk banjir kala ulang 1000 tahun diperoleh 69,778 m³/s dan banjir PMF diperoleh 109,002 m³/s. Debit keluaran (*Outflow*) maksimum berdasarkan metode Runge Kutta Orde III untuk banjir kala ulang 1000 tahun sebesar 161,064 m³/s dan banjir PMF 244,466 m³/s.

4.2 Saran

Saran yang dapat dikemukakan sebagai berikut :

1. Dalam proses perhitungan data harus dilakukan lebih teliti lagi, dikarenakan apabila hasil hitungan salah maka akan mempengaruhi hasil perhitungan berikutnya yang dapat berakibat fatal jika ternyata salah.
2. Perbandingan routing banjir antara metode water balance di waduk dengan *Newton Rapshon* dan Runge Kutta Orde III diterapkan untuk kasus di Bendungan Logung, sehingga dapat disimpulkan apakah metode Runge Kutta Orde III dapat dipertanggungjawabkan secara teknis.

DAFTAR PUSTAKA

- Aquarito, Hilma. 2013. "*Metode Runge Kutta Untuk Solusi Persamaan Differensial Biasa*". Tugas Akhir, FMIPA, Universitas Negri Padang.
- Harto, Sri. 1981. "*Mengenal Dasar-Dasar Hidrologi Terapan*". Yogyakarta Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Gajah Mada.
- Harto, Sri. 1993. "*Analisis Hidrologi*". Erlangga: Jakarta.
- Khoiriyah. 2018. "*Evaluasi Keamanan Bendungan Waduk Cengklik Periode Ulang 1000 Tahun*". Tugas Akhir, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Soemarto, CD. 1995. "*Hidrologi Teknik Edisi Ke-2*". Erlangga: Jakarta.
- Subarkah, Imam. 1980. "*Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*". Bandung : Idea dharma.
- Sudjarwadi. 1987. "*Teknik Sumber Daya Air*". Yogyakarta : Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Gajah Mada.
- Suripin. 2003. "*Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*". Yogyakarta : Penerbit Andi Offset.
- Susilo, Adhi dkk. 2016. "*Analisis Routing Aliran Melalui Reservoir (Studi Kasus Waduk Diponegoro)*". Tugas Akhir, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.
- Suwarno, Eko dan Gurawan Djati W. 2017. "*Kajian Ulang Keamanan Bendungan Gonggang Kabupaten Magetan Terhadap Banjir Rancangan*". Diploma Thesis, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. "*Hidrologi Terapan*". Yogyakarta : Beta Offset.
- Wardhana, Radityo Pramudya. 2014. "*Perencanaan Struktur Bendungan Bandungharjo Desa Bandungharjo-Kecamatan Toroh kabupaten Grobogan*". Tugas Akhir, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Wulandari, Indah. 2009. "*Tinjauan Kembali Bendungan Kedung Ombo Dalam Hal Kelayakan Elevasi Mercu Bendung*". Tugas Akhir, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.